

BREVET D'INVENTION

Gr. 5. — Cl. 8.

N° 1.065.816

Perfectionnements aux régulateurs pour turbines éoliennes.

Société dite : ÉTABLISSEMENTS NEYRPIC (ATELIERS NEYRET-BEYLIER & PICCARD-PICTET) résidant en France (Isère).

Demandé le 28 octobre 1952, à 16^h 40^m, à Grenoble.

Délivré le 13 janvier 1954. — Publié le 31 mai 1954.

(Brevet d'invention dont la délivrance a été ajournée en exécution de l'article 11, § 7, de la loi du 5 juillet 1844 modifiée par la loi du 7 avril 1902.)

On connaît déjà des régulateurs particulièrement convenables pour turbines éoliennes, dont l'organe tachymétrique mesure, non pas la vitesse du groupe lui-même, mais, au contraire, la vitesse du vent, par exemple au moyen d'une petite hélice à pas fixe, entraînée librement par le fluide moteur. Ledit organe tachymétrique commandant le pas de l'hélice principale, on conçoit qu'à chaque vitesse mesurée du vent, on puisse faire correspondre arbitrairement un pas voulu quelconque de l'hélice principale, donc une vitesse définie de l'éolienne, pour une certaine charge.

Ladite éolienne, de type déjà connu, peut donc tourner en fonction de la vitesse du vent avec un décrément de vitesse de rotation arbitrairement choisi, positif, nul ou même négatif. Par ailleurs, en ce qui concerne, pour un vent donné, le décrément de vitesse de rotation en fonction de la charge absorbée par la machine réceptrice, il est bien évident qu'il ne peut être que négatif, et qu'il est déterminé dans ce cas par les caractéristiques naturelles de couple-vitesse de ladite éolienne. Les valeurs courantes de ces caractéristiques sont d'un tel ordre de grandeur que, dans le cas de l'interconnexion par couplage avec un réseau dont le statisme général est inférieur, par exemple, à 5 %, aucun effet pratique de réglage ne pourrait provenir d'un régulateur de ce type déjà connu.

Le régulation d'éolienne selon l'invention a pour but essentiellement de permettre aussi bien en régime indépendant qu'en participation dans un réseau d'énergie interconnecté, tantôt d'effectuer l'adaptation aux fluctuations du vent avec le rendement maximum lorsqu'on veut utiliser la totalité de l'énergie récupérable sans considération de réglage, et tantôt à l'occasion de réaliser seul ou de participer au réglage de puissance ou de vitesse de la machine réceptrice en dépit des fluctuations du vent, dans toute la mesure du possible. A titre d'exemple non limitatif, dans le cas particulier

d'une éolienne entraînant directement ou indirectement un alternateur synchrone couplé à un réseau interconnecté, l'invention permet notamment de participer au réglage de fréquence avec le statisme voulu, en débit des caractéristiques naturelles de couple-vitesse de l'éolienne, qui peuvent être quelconques dans une certaine mesure.

D'une façon générale, en ce qui concerne l'exploitation des réseaux d'énergie, et comme pour les turbines hydrauliques installées au fil de l'eau, on s'efforcera d'envoyer dans le réseau la totalité de l'énergie récupérable aux éoliennes. Néanmoins, le régulateur selon l'invention pourra rendre des services dans plusieurs cas. A titre d'exemples non limitatifs, il pourra momentanément faciliter le démarrage et l'accrochage au réseau, et remédier automatiquement à certaines défaillances accidentelles de l'interconnexion; ou bien, à titre provisoire, dans les périodes où l'équipement en moyens d'interconnexion ne serait pas encore suffisant ou lorsque les moyens d'accumulation d'énergie seraient déjà saturés; il pourrait également servir à titre définitif dans certaines régions où le vent est la seule énergie naturelle disponible et où n'existent pas de possibilités d'accumulation.

Si le vent était constant, on pourrait évidemment se contenter pour chaque éolienne d'adapter la puissance motrice aux variations de la puissance à absorber par la machine réceptrice. Cette fonction pourrait être assurée par de nombreux régulateurs simples déjà connus, puisqu'il suffirait de mesurer un seul paramètre dépendant de la puissance à absorber, et d'en déduire la commande d'un seul organe de réglage agissant sur la puissance à fournir. Il est à remarquer, d'une part, que de tels régulateurs déjà connus munis d'un seul organe de mesure pourraient donner satisfaction même dans le cas du vent réel variable, tout au moins aux moments où le réglage ne demanderait qu'une faible fraction de la puissance maximum, ce qui

s'accommode implicitement d'un rendement médiocre. Mais, par contre, aux moments où l'on ne désire pas régler, et où l'on recherche le rendement maximum de l'éolienne, il devient souhaitable de tenir compte de la vitesse instantanée du vent pour satisfaire à la meilleure condition de rendement, qui découle étroitement de l'adaptation de forme ou de vitesse de la turbine ou de son distributeur. On voit qu'il y a en réalité deux problèmes différents dont chacun est justiciable d'un appareil de mesure spécial. En pratique, pour des raisons d'ordre constructif, le régulateur selon l'invention mesurera le plus souvent ces deux paramètres au moyen de deux organes qui peuvent être constamment en service, mais dont les indications ou les commandes ne seront exécutées que selon les besoins du mode d'exploitation du moment.

C'est pourquoi le régulateur selon l'invention est caractérisé essentiellement par l'emploi en combinaison successivement ou simultanément, d'au moins deux organes de mesure distincts, qui jouent le rôle respectivement d'un anémomètre et d'un puissancemètre. Ledit anémomètre étant obligatoirement, mais non exclusivement, en service lors de la marche à rendement ou puissance maximum, et les deux organes étant obligatoirement en service lorsque l'éolienne effectue seule ou participe au réglage de puissance ou de vitesse de la machine réceptrice indépendante, ou du réseau d'énergie interconnecté.

A titre d'exemple non limitatif, dans le cas particulier d'une éolienne entraînant directement un alternateur synchrone couplé à un réseau interconnecté, pour une installation de puissance donnée et le statisme de la centrale étant choisi, la puissance qu'on désire fournir au réseau ne dépend plus que de la fréquence, et le puissancemètre peut donc être remplacé notamment par un tachymètre ou un fréquencemètre. Le régulateur selon l'invention peut utiliser des organes de mesure quelconques. En particulier, l'anémomètre peut être :

Un moulinet ou une hélice auxiliaire entraînant un tachymètre, par exemple du type mécanique centrifuge;

Une girouette à pale mobile ou articulée;

Un tube de Pitot ou un convergent-divergent équipé de prises de pressions appropriées;

Un fil chaud et ses liaisons et accessoires électriques;

Un dispositif utilisant les effets de la force centrifuge de l'air et, d'une façon générale, tous les effets aérodynamiques directs ou secondaires du vent, y compris les efforts ou les déplacements d'une pièce ou partie fixe ou mobile de l'éolienne elle-même ou de ses supports ou équipements annexes.

D'autre part, pour tenir compte des dispositions générales de chaque centrale, les organes ayant

trait au régulateur elle-même et à ses liaisons et commandes peuvent être groupés ou répartis en divers endroits au bas des charpentes ou dans la partie fixe ou mobile des organes supports et de la turbine. Il en résulte que le régulateur selon l'invention peut, éventuellement, mettre en œuvre des transmissions à distance et des servo-moteurs de tous systèmes connus tels que mécaniques, hydrauliques, pneumatiques, électriques, magnétiques ou électroniques. La transmission de puissance de l'éolienne équipée d'un régulateur selon l'invention peut être d'un type quelconque, par exemple, soit directe, soit par engrenages ou courroies, soit encore par variateur de vitesse hydraulique, pneumatique ou électrique. Le réglage de puissance de l'éolienne elle-même peut agir indifféremment sur la turbine ou son distributeur de manière à régler la puissance réellement fournie à la transmission. Selon un principe connu, ledit réglage de puissance peut également consister à agir sur un frein hydraulique, par exemple, dissipant le surplus d'énergie qu'on ne veut pas utiliser.

Les figures 1 et 2 représentent, à titre d'exemple indicatif et non limitatif, les courbes de puissance et le schéma de réalisation d'un régulateur selon l'invention, appliqué à une éolienne actionnant une machine réceptrice à vitesse sensiblement constante, et qu'on peut coupler à un réseau de distribution d'énergie classique.

La figure 1 représente en ordonnées la puissance fournie et en abscisses la vitesse du vent. Pour les faibles vitesses du vent de 0 à 1, l'éolienne ne tourne pas ou ne fournit aucune puissance. Pour les vents moyens de 1 à 2, l'éolienne peut travailler à son rendement maximum et l'on sait que la puissance récupérable varie en général sensiblement comme le cube de la vitesse.

Pour les vents forts de 2 à 3, la machine réceptrice peut travailler à sa puissance maximum et l'on doit volontairement en général limiter à cette valeur la puissance fournie. Enfin, pour les tempêtes de 4 à 5, il est nécessaire, selon le cas, de stopper la centrale et de prendre les mesures de sécurité qui s'imposent. Lorsque l'éolienne équipée d'un régulateur selon l'invention doit participer au réglage, à chaque fréquence du réseau correspond une certaine puissance à fournir indépendamment de la vitesse du vent, dans la limite d'énergie disponible définie ci-dessus. Par exemple, pour les fréquences réseau 49, 49,5, 50, 50,5 et 51 périodes par seconde, la puissance fournie peut être celle indiquée par les droites horizontales de mêmes numéros respectifs. Le réglage de statisme correspond à modifier l'intervalle entre lesdites droites. Le réglage charge-vitesse correspond à décaler plus ou moins vers le haut ou vers le bas l'ensemble desdites droites sur la figure 1.

La figure 2 représente le schéma de principe des

organes essentiels d'un régulateur selon l'invention. Ledit schéma comprend certaines organes annexes, à savoir le réglage de statisme et le réglage charge-vitesse, lesdits réglages devant s'entendre au même sens qu'on leur attribue généralement dans l'art des turbines hydrauliques. L'anémomètre est constitué par l'hélice 6 entraînée par le vent, et située, de préférence, immédiatement à l'amont de l'éolienne tout en restant hors de la zone d'interaction. L'hélice 6 entraîne le tachymètre mécanique centrifuge 7 avec ressort de rappel 8 lié à un point fixe, et butée de rotation 9 qui entraîne le déplacement axial de la tige 10.

La came à surface gauche 11 est animée de deux mouvements différents indépendants; à savoir son déplacement axial lié à la tige 10, et son déplacement angulaire lié au manchon claveté coulissant 12 dont la position angulaire est définie par le secteur 13.

Le secteur 13 est commandé en déplacement angulaire par le fil souple inextensible 14 attaché au levier 15 articulé au point fixe 16. Le levier 15 est entraîné par le levier 17 articulé au point fixe 18 et guidé par l'articulation à double coulisse 19 qui permet le réglage de statisme. Le levier 17 est entraîné par la tige 20 dont le déplacement axial est commandé par la butée de rotation 21, liée au tachymètre centrifuge 22 équipé de son ressort de rappel 23. Le ressort 23 est lié au point d'attache réglable 24 qui permet le réglage charge-vitesse. Le tachymètre 22 est entraîné en rotation à vitesse proportionnelle à la fréquence du réseau, au moyen d'une transmission quelconque convenable directe ou à distance, non représentée.

La came à surface gauche 11 entraîne le coulisement du palpeur 25 dans son guidage fixe 26. A chaque position du palpeur 25, correspond une position conjuguée convenable de l'organe principal de commande de puissance non représenté. Ledit organe principal peut être, par exemple, un dispositif à pas variable s'il s'agit d'une hélice, et pour les éoliennes d'une certaine puissance il sera généralement actionné en position par l'intermédiaire d'un relais ou servo-moteur de puissance, connu et non représenté. Pour satisfaire aux meilleures conditions de stabilité, des dispositifs annexes de principes connus tels qu'asservissements temporaires ou accéléromètres pourront être incorporés dans certaines des liaisons cinématiques déjà citées.

Selon les figures 1 et 2, la surface de la came délimitée par les points 27, 28, 29 et 30 est une portion de cylindre circulaire d'axe confondu avec celui de la tige 10; le palpeur 25 ne se trouve dans cette zone que pour les vents faibles de 0 à 1 pour

lesquels l'éolienne ne fournit pas de puissance. S'il s'agit, par exemple, d'une hélice à pas variable, ledit pas est nul et l'hélice peut être stoppée. La surface 29, 30, 31 est une portion de surface de révolution d'axe 10; la ligne méridienne de cette surface définit la loi de commande du palpeur 25 pour que le pas de l'hélice s'adapte de façon optimum en fonction de la vitesse de l'anémomètre, ce qui correspond à la portion de courbe caractéristique de 1 à 2 pour laquelle l'éolienne fournit sa puissance maximum variant sensiblement comme le cube de la vitesse du vent. La surface 31, 32, 33, 34 est une portion de cylindre circulaire d'axe 10, pour laquelle l'hélice est en drapeau et peut être stoppée pendant les tempêtes. La surface 29, 31, 32 est une portion de surface gauche qui est établie notamment selon les caractéristiques couple-vitesse de l'hélice, et c'est dans cette seule surface gauche que la position du palpeur 25 se déplace à la fois en fonction des mesures de l'anémomètre 6 et du tachymètre du réseau 22, ce qui permet la régulation de puissance du réseau selon les droites caractéristiques telles que 49 à 51.

Par contre, lorsque le réglage charge-vitesse 24 est à fond de course dans le sens compression du ressort 23, quelle que soit la fréquence du réseau, le tachymètre 22 est en butée et le palpeur 25 touche la came le long de la ligne 27, 30, 31, 34 selon la vitesse du vent, ce qui correspond à la marche normale de l'éolienne à puissance maximum récupérable, sans considération de réglage du réseau. En pratique, pour diverses raisons, notamment d'ordre constructif ou fonctionnel, les diverses surfaces de la came pourront être raccordées par des congés convenables.

L'invention comprend de nombreuses variantes de réalisation, et notamment, dans certains cas particuliers, il est possible pratiquement de remplacer la came gauche à trois dimensions par deux comes planes à deux dimensions.

RÉSUMÉ

Dispositif régulateur d'éolienne caractérisé par l'emploi en combinaison d'au moins deux organes de mesure distincts, jouant le rôle respectivement d'un anémomètre et d'un puissance-mètre. Lesdits organes de mesure sont utilisés simultanément pour le réglage de l'éolienne lorsque celle-ci participe au réglage de puissance ou de vitesse de la machine entraînée. Par contre, lorsque l'éolienne ne participe pas au réglage, l'anémomètre peut n'être que seul en service.

Société dite : ÉTABLISSEMENTS NEYRPIG
(ATELIERS NEYRET-BEYLIER & PICCARD-PICTET).

N° 1.065.816

Société dite :

Pl. unique

Établissements Neyrpic
(Ateliers Neyret-Beylier & Piccard-Pictet)

Fig. 1

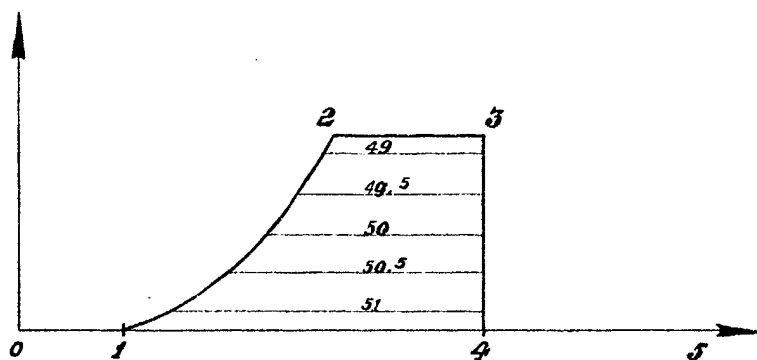


Fig. 2

